

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **62-014006**
 (43)Date of publication of application : **22.01.1987**

(51)Int.Cl. G01B 11/24

(21)Application number : 60-153551	(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
(22)Date of filing : 12.07.1985	(72)Inventor : HORIGUCHI MASA HARU ITO HIROKI

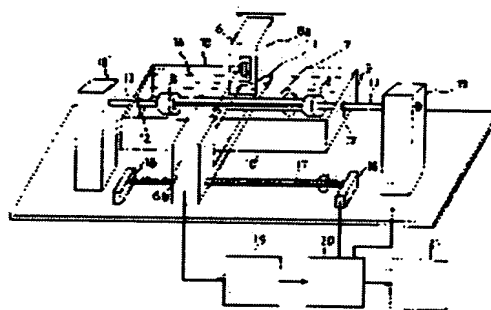
(54) OPTICAL FIBER BASE MATERIAL CONFIGURATION MEASURING INSTRUMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable the configuration of an optical fiber base material to be accurately measured without being affected by a difference in a refractive index by arranging the optical fiber base material to be measured in a container filled with a highly accurately adjusted refractive index adjusting oil and scanning a laser beam on the central axis of the base material.

CONSTITUTION: An optical fiber base material 7 is fixed (8) and a glass container 9 is filled with a refractive index adjusting oil 14 with a refractive index (n) represented by the accompanying expression. (wherein n1 designates the refractive index of the clad of the base material 7.) Then, an optical system is operated to scan a parallel laser beam 11 in a direction perpendicular to the central axis of the base material 7 and signals indicative of a received light (6b) are fed to an electric signal processor 19. After subjected to an averaging processing (19) therein, the signals are stored in a mini-CPU 20. Pulse signals are fed from the mini-CPU 20 to a pulse motor 15 to rotate a rotary shaft 13 by every 5° and the same measurement is conducted for the whole rotary angle (360° direction). When the result is displayed (21), an outer diameter, a core diameter and the like in the axial direction of the base material 7 can be obtained with a high accuracy.

$$\left| \frac{n_1 - n}{n} \right| < 10^{-3}, \quad n_1 \neq n$$



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-14006

⑮ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)1月22日

G 01 B 11/24

8304-2F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 光ファイバ母材の形状測定装置

⑰ 特 願 昭60-153551

⑱ 出 願 昭60(1985)7月12日

⑲ 発 明 者 堀 口 正 治 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑳ 発 明 者 伊 藤 弘 樹 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 吉田 精孝

明 細 書

1. 発明の名称

光ファイバ母材の形状測定装置

2. 特許請求の範囲

(1) 外径を計測する被測定物の中心軸に対し垂直方向にレーザ光束を走査し、該レーザ光束が該測定物によって遮られる時間を電気的に計測することによって、該測定物の外径を高精度で測定する外径測定装置において、該光束の送出部と受光部の中間に、該光束に対し垂直な面内に前後2枚の透明な窓材を有する容器を配し、該容器内に光束と直角方向に被測定的光ファイバ母材の中心軸を回転可能に配し、かつ該容器内に満たされた屈折率調整油の屈折率 n が

$$\left| \frac{n_1 - n}{n} \right| < 10^{-3}, \quad n_1 \neq n$$

(ただし、 n_1 は光ファイバ母材のクラッドの屈折率を表わす。

なる関係を満足するようになしたことを特徴とする光ファイバ母材の形状測定装置。

(2) 外径を計測する被測定物の中心軸に対し垂直方向にレーザ光束を走査し、該レーザ光束が該測定物によって遮られる時間を電気的に計測することによって、該測定物の外径を高精度で測定する外径測定装置において、該光束の送出部と受光部の中間に、該光束に対し垂直な面内に前後2枚の透明な窓材を有する容器を配し、該容器内に光束と直角方向に被測定的光ファイバ母材の中心軸を回転可能に配し、かつ該容器内に満たされた屈折率調整油の屈折率 n が

$$\left| \frac{n_1 - n}{n} \right| < 10^{-3}, \quad n_1 \neq n$$

(ただし、 n_1 は光ファイバ母材のクラッドの屈折率を表わす。

なる関係を満足し、該光ファイバ母材をその中心軸に関し任意の角度毎に回転すると共に軸方向へ任意の長さ毎に移動可能な機構を有することを特徴とする光ファイバ母材の形状測定装置。

3. 発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は、高速かつ高精度な光ファイバ母材の形状測定装置に関するものである。

(従来の技術)

第1図は、従来のこの種の装置の概念図であって、1はレーザ光束の送出(走査)部、2はレーザ光束、3は受光部(系)、4は被測定物である。

これを動作するには、レーザ光束の走査部1により、レーザ光束2を第1図の矢印の方向に被測定物4に対し走査し、その「影」の出力を、受光系3で検出し、測定値は簡単な演算ののち表示部5に表示される。ここで受光系3により検出される光出力は、不透明物体の場合模式的に第2図のような形状となり、図中の光強度の減衰する時間 t_0 を測定することにより、被測定物4の外径が求められる。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の装置は、第1図に示すごとくレーザ光束の送出部1と受光部3の間は空間であり、この空間に被測定物4を配置する構成となっていたので、線状物体の外径又は透明ガラス管の外径、肉厚等

の測定を行うことはできたが、光ファイバ母材のごとくその内部に微少な(数%以下)屈折率差のある透明物体の内部の寸法を測定することができない欠点があった。

(発明の目的)

本発明の目的は、高精度に調整された屈折率調整油の満たされた容器内に被測定光ファイバ母材を配置し、光ファイバ母材の外径、非円率のみならず、コア径、コア非円率、コア偏心率を同時に測定できる光ファイバ母材の形状測定装置を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明は上記目的を達成するため、外径を計測する被測定物の中心軸に対し垂直方向にレーザ光束を走査し、該レーザ光束が該測定物によって遮られる時間を電気的に計測することによって、該測定物の外径を高精度で測定する外径測定装置において、該光束の送出部と受光部の中間に、該光束に対し垂直な面内に前後2枚の透明な窓材を有する容器を配し、該容器内に光束と直角方向に被

測定的光ファイバ母材の中心軸を回転可能に配し、かつ該容器内に満たされた屈折率調整油の屈折率 n が

$$\left| \frac{n_1 - n}{n} \right| < 10^{-3}, \quad n_1 \neq n$$

(ただし、 n_1 は光ファイバ母材のクラッドの屈折率を表わす。)

なる関係を満足するようになしたことを特徴とし、或いは外径を計測する被測定物の中心軸に対し垂直方向にレーザ光束を走査し、該レーザ光束が該測定物によって遮られる時間を電気的に計測することによって、該測定物の外径を高精度で測定する外径測定装置において、該光束の送出部と受光部の中間に、該光束に対し垂直な面内に前後2枚の透明な窓材を有する容器を配し、該容器内に光束と直角方向に被測定的光ファイバ母材の中心軸を回転可能に配し、かつ該容器内に満たされた屈折率調整油の屈折率 n が

$$\left| \frac{n_1 - n}{n} \right| < 10^{-3}, \quad n_1 \neq n$$

(ただし、 n_1 は光ファイバ母材のクラッドの屈折率を表わす。)

なる関係を満足し、該光ファイバ母材をその中心軸に関し任意の角度毎に回転すると共に軸方向へ任意の長さ毎に移動可能な機構を有することを特徴とする。

(作用)

光ファイバ母材における屈折率差の影響を受けることなく光ファイバ母材の外径、非円率のみならず、コア径、コア非円率、コア偏心率を同時に測定できる。

(実施例)

第3図は本発明の実施例の概念図であって、6は非接触のレーザ形状測定部の光学系で、レーザ光束の送出(走査部)6aと受光部(系)6bとを一体に連結してなる。7は測定対象の石英系の光ファイバ母材、8は光ファイバ母材7を保持する一対のチャック、9は屈折率調整油を収容するガラス容器、10はレーザ光束11と直角な面内にある石英製の透明な窓材、12はチャック8と

連結した回転シャフト13とガラス容器9内の気密を保持するオイルシール軸受、14はガラス容器9内に充填された屈折率調整油、15は回転シャフト13を一定角度毎に回転させる機能を有するパルスモータ、15'は回転シャフト13の軸受、16は光学系6を光ファイバ母材7の軸方向へ一定の間隔で移動せしめるパルスモータ、17はパルスモータ16の駆動力を伝達するネジ付回転シャフトで、前記光学系6の一部に螺装されており、この回転シャフト17の回転により光学系6が光ファイバ7の軸方向に対して前進後退する。18は回転シャフト17の軸受、19は光学系6で測定した信号を処理する電気信号処理部、20は装置全体を制御すると共に処理された電気信号を演算処理するミニコンピュータ、21は演算結果を表示するX-Yプロッタである。

これを動作するには、先ず石英系の単一モード用光ファイバ母材7をチャック8により固定し、ガラス容器9の内部に屈折率1.4570のシリコンオイル(屈折率調整油14)を満たす。つい

される。ついで、ミニコンピュータ20よりパルスモータ15にパルス信号を送り、回転シャフト13を5°回転せしめ、上記と同様の測定を行う。

この際、第4図のA、A'、B、B'の各点はそれらの相対的な時間位置もデータとして記録される。これらのデータは、第4図においてコアが偏心している場合、その偏心量を、さらにコア径及び外径の非円率を決定するのに用いることができる。

以下、上記と同様な測定を、全回転角(360°方向)について実施し(測定点72点)、それらのデータをミニコンピュータ20に記録する。

ついで、ミニコンピュータ20より、パルスモータ16へパルスを送出し回転シャフト17を回転させ光学系6を光ファイバ母材7の軸方向へ10mm移動せしめ、上記と同様の測定(測定点72点)を実施する。以下、光学系6を10mm間隔で繰り返し移動させながら上記の測定を実施し結果をプロッタ21で表示すれば、光ファイバ母材7の軸方向での外径、外径非円率、コア径、コ

アで、光学系6を動作させ、He-Neレーザの平行光束11を光ファイバ母材7の中心軸に対し直角方向に走査し、そのときの受光信号を、電気信号処理部19へ送出する。第4図は受光信号の測定例を模式的に示したものであり、信号強度が弱しく減少するA及びA'点は光ファイバ母材7のクラッド部と屈折率調整油14との境界を、同様にB及びB'点は、光ファイバ母材7のクラッド部とコア部の境界に対応する。ここで、これらのパルス状信号間の時間 t_1 及び t_2 を電気的に測定することにより光ファイバ母材7のコア径、外径を決定することができる。さらにレーザ光束の走査は、適当な偏向器を用いることにより1走査当り数msec以下の速度で行なえるため高速の測定及び信号の平均化処理を容易に行うことができる。なお、第4図に示すような光信号が得られることは、後で詳述する。

次に、これらのデータは電気信号処理部19で数十回から数千回の平均化処理を行なった後、ミニコンピュータ20に内蔵された記憶装置に記憶

アの非円率、コアの偏心率の長手方向依存性が高精度で求められる。また、測定間隔は、所要の範囲で任意に選定できる。

なお、外径及びコア径の非円率、コア径の偏心率は、単一モードファイバ母材の場合、次式で与えられる。

$$\text{外径の非円率} = (\text{最大外径} - \text{最小外径}) / (\text{標準外径}) \times 100 (\%)$$

$$\text{コア径の非円率} = (\text{最大コア径} - \text{最小コア径}) / (\text{標準コア径}) \times 100 (\%)$$

$$\text{コアの偏心率} = (\text{母材の中心とコアの中心との距離}) / (\text{標準外径}) \times 100 (\%)$$

ここに、母材の中心及びコアの中心は、前記の360°方向の測定値(測定点72点)に対し最小二乗法を適用して容易に決定される。

第5図は、上記の測定の一例を示すもので、長さ約40cmの単一モード光ファイバ母材のコアの偏心率の長手方向依存性である。この測定から、測定に用いた光ファイバ母材の偏心率は0.52%以内にあることが確認された。

なお、本実施例では、光ファイバ母材を横に保持する場合について説明したが、装置構成上縦型にすることができる。

以下では、屈折率調整油の屈折率の条件と第4図に示す信号が得られる原理について説明する。第6図は、本測定装置の動作に関する説明図であって、第3図の光学系6の断面を示したものであり、22は集光レンズ、23は光検知器である。

第6図において、 $P-P'$ 、 $Q-Q'$ 、 $R-R'$ 、 $S-S'$ 、 $T-T'$ はx方向に走査されたHe-Neレーザ光束を示しており、x方向での光束の位置と受信される光信号の関係は $n < n_1$ の場合以下の通りである。ここで第6図は、窓材10が屈折率 n_1 の石英からなる場合について示しており、このようにすることにより屈折率調整油14との間の無用の反射を低減することができる。窓材の屈折率の n_1 からのずれは、測定に本質的な影響を与えることはない。

記の通りである。

(1) 光ファイバ母材7のクラッド外周上での屈折と反射

- (a) $n < n_1$ の場合屈折する。
- (b) $n > n_1$ の場合反射する。

(2) 光ファイバ母材7のコア外周での屈折

- (a) 常に $n_1 < n_0$ であるため屈折する。

上記の接点以外では、各媒質間の屈折率の差は少ないため光束はほぼ直進し、集光系22により集光され、光検知器23に受光される。

以上のような理由で、第4図のようなパルス状の光出力が得られることが説明された。ここで、このパルスがある程度の幅を有するのは、入射光束のスポットサイズが有限でありかつその強度分布がほぼガウス状の分布をしてなり、光検知器の受光面がある程度の大きさを有しているためである。第4図の測定例では、スポットサイズは $0.3\text{ mm } \phi$ ($1/e^2$)、受光器の開口は幅 0.5 mm であり、受光器の前の集光レンズの焦点距離は 110 mm であった。こうしたパルスの広がり

光束	x*	光検知器 の受信強度	光束の屈折状況
$P-P'$	$b + \epsilon$	強	媒質間で屈折の影響ほとんど無し
$Q-Q'$	b	非常に弱い	クラッドに対する接線方向で屈折又は反射する。
$R-R'$	$a < x < b$	強	媒質間で屈折の影響ほとんど無し
$S-S'$	a	非常に弱い	コアに対する接線方向で屈折する。
$T-T'$	$b < x < -a$	強	媒質間で屈折の影響ほとんど無し

*ただし、 $0 < \epsilon < a$ 、 $n < n_1$

すなわち、窓材10に対し垂直方向に入射したHe-Neレーザ光束は、光ファイバ母材7のクラッド及びコアに接する際、接点における媒質相互間の屈折率の大小関係によって、屈折又は反射し集光系22から外れるため光検知器23にほとんど受光されなくなる。屈折又は反射の条件は下

による測定誤差は、基準サンプルを用いて校正することにより十分な精度まで容易に低減することができる。

つぎに、クラッド表面での光束の屈折によって生じる誤差は、以下のように求められる。第6図においてスネルの法則により次式が得られる。

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_1}{n} \quad (1)$$

一方、光束Sが O' 点で接したとき、第6図の距離dは

$$d = b \sin \theta_1 \quad (2)$$

で与えられる。

また三角形 $S''O'O$ で、 $\overline{OO'} = a$ 、 $\overline{S''O} = b$ 、 $\angle O'S''O = \theta_2$ であるから、次式が得られる。

$$b \sin \theta_2 = a \quad (3)$$

式(1)～(3)式より、光束Sがコアに接するときのコア半径に相当する測定値dは

$$d = a \frac{n_1}{n} \quad (4)$$

で与えられる。

したがって、コア径 $2a$ の測定誤差 ΔE は次式で与えられる。

$$\Delta E = |2d - 2a|$$

$$= 2a \left| \frac{n_1 - n}{n} \right| \quad (5)$$

一般に、光ファイバ母材の非円率及び偏心率は1～2%以下であり、これを高精度で決定するには、母材形状の測定精度として少なくとも0.1%以下が要求されるため、次式の条件が必要となる。

$$\text{測定誤差} = \frac{\Delta E}{2a} \times 100 = \left| \frac{n_1 - n}{n} \right| \times 100 < 0.1 (\%) \quad (6)$$

また、クラッドの形状を測定するためには、第4図のA及びA'の信号を得る必要があり、その条件は次式で与えられる。

$$n_1 \neq n \quad (7)$$

なお、クラッド径の計測に関しては、光束がクラッドに接する以前に屈折の要因がないため、上記の屈折率調整油による誤差要因はない。

6…レーザ形状測定部の光学系、7…光ファイバ母材、8…チャック、9…ガラス容器、10…窓材、11…レーザ光束、12…オイルシール軸受、13…回転シャフト、14…屈折率調整油、15…試料回転用のパルスモータ、16…光学系移動用のパルスモータ、17…ネジ付回転シャフト、18…軸受、19…電気信号処理部、20…ミニコンピュータ、21…X-Yプロッタ、22…集光レンズ、23…光検知器。

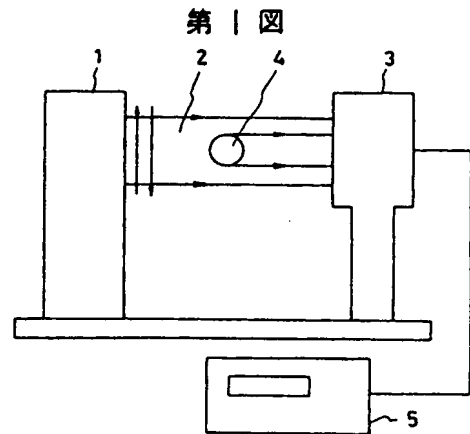
特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人 弁理士 古山 精孝

(発明の効果)

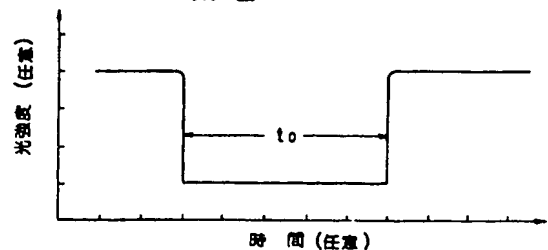
以上説明したように、第1の発明によれば、レーザ光束を走査しつつ光ファイバ母材を回転させることにより、屈折率差の影響を受けることなく光ファイバ母材の形状を的確に測定できる。また第2の発明によれば、光ファイバ母材の外径、外径の非円率、コア径、コア径の非円率、コアの偏心率を長手方向において非破壊かつ高精度に連続自動測定できるため、光ファイバ母材の品質管理に極めて有効である利点がある。

4. 図面の簡単な説明

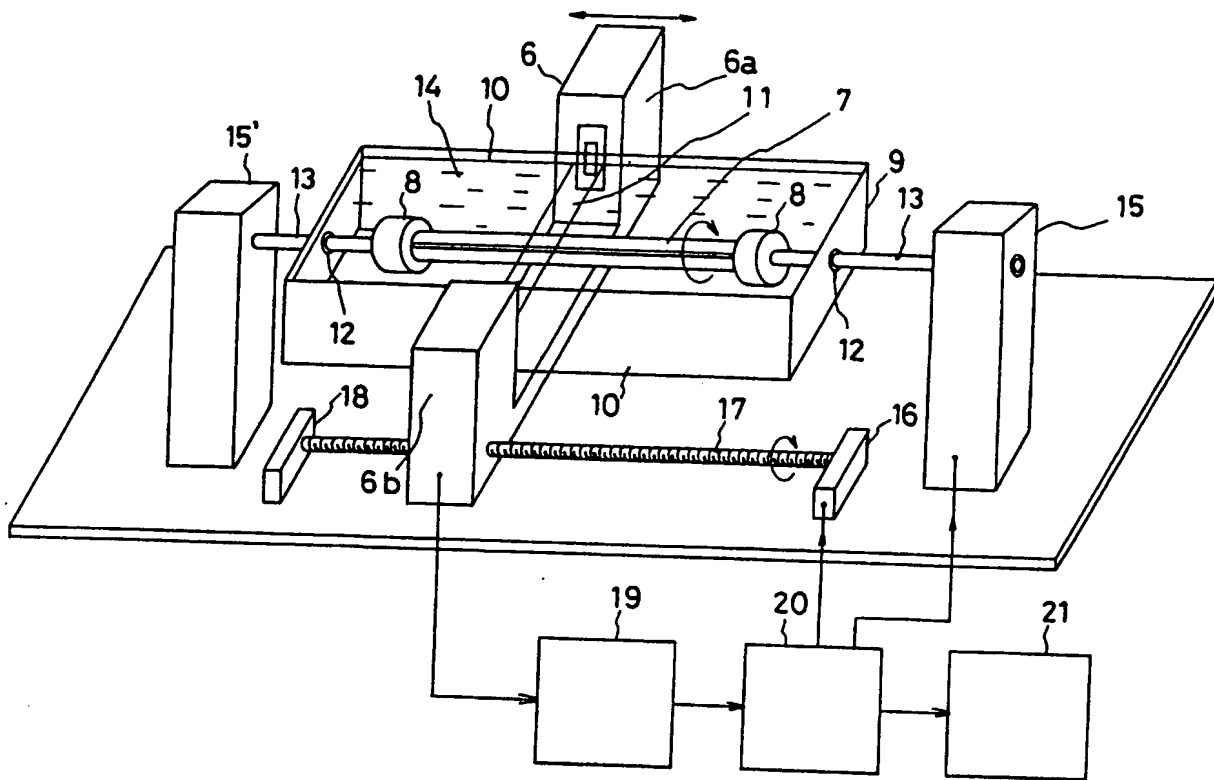
第1図は従来のこの種の装置の概念図、第2図はその測定例を示すグラフ、第3図は本発明の実施例を示す装置全体の概念図、第4図は本発明装置による受光信号の測定例の説明図、第5図は本発明装置による光ファイバ母材のコア偏心率長手方向依存性の測定例を示すグラフ、第6図は本発明装置の動作原理及び測定誤差算出の説明図、第7図は本発明装置による測定のプロローチャートである。



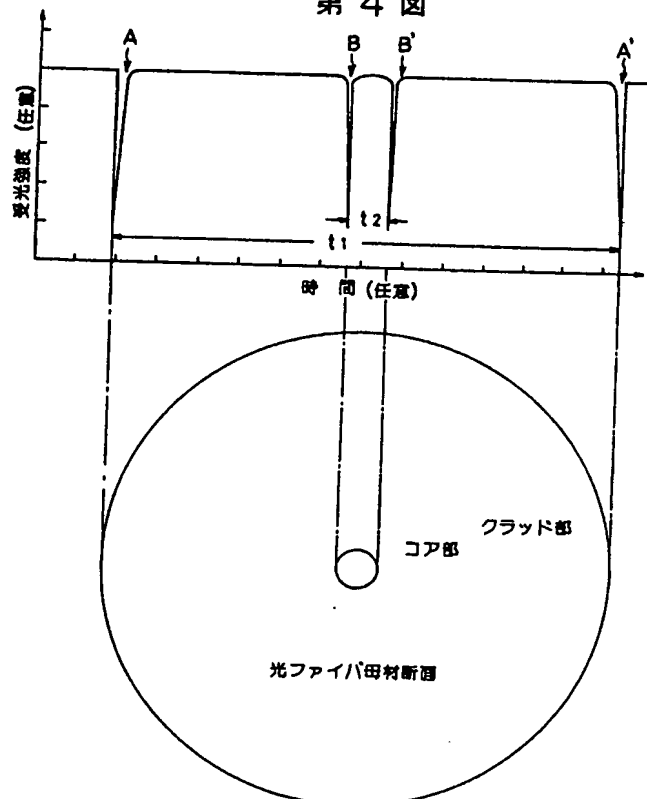
第2図



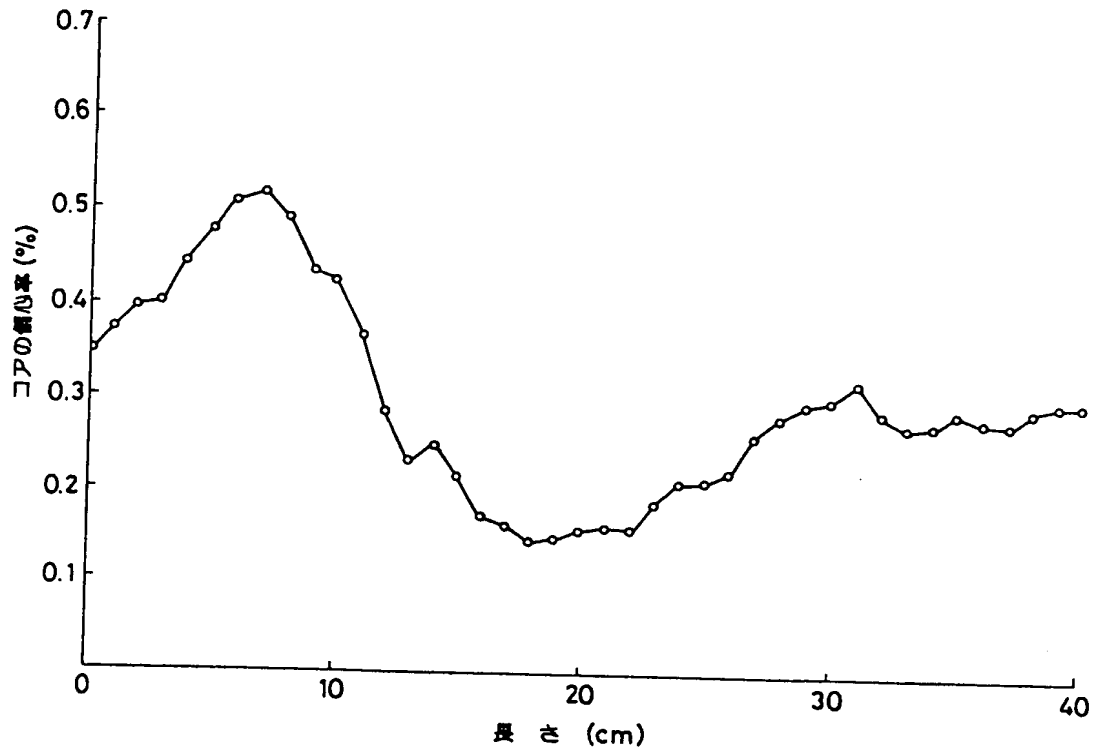
第 3 図



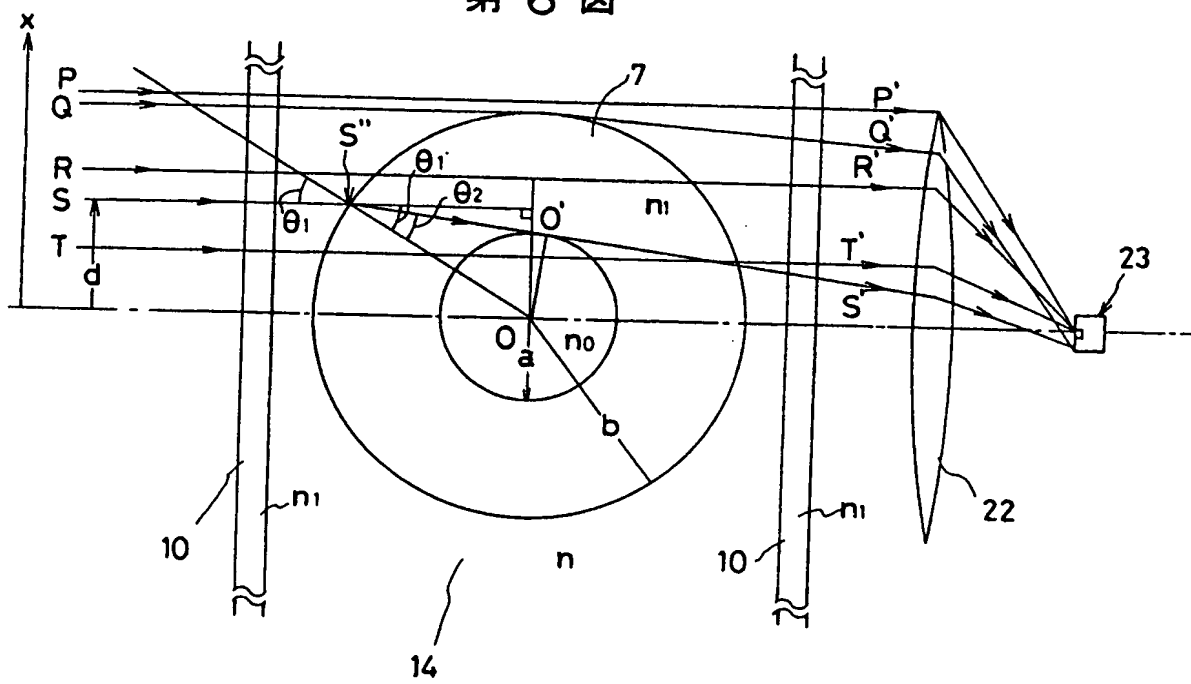
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

